

In-vivo-Untersuchungen
zur Verwendung von Fermentpräparaten
in der Tierernährung

Klaus Neubert

=

1960

Aus dem Institut für Physiologie und Ernährung der Tiere
der Universität München

Vorstand: Prof. Dr. Dr. Johannes Brüggemann

IN-VIVO-UNTERSUCHUNGEN
ZUR VERWENDUNG VON FERMENTPRÄPARATEN
IN DER TIERERNÄHRUNG

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der veterinärmedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

von
Klaus Neubert
aus
Mainstockheim

München 1961

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. A. Meyn

Referent: Prof. Dr. Dr. Johs. Brüggemann

Tag der Promotion: 26.7.1961



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. ALLGEMEINER TEIL	
1. Einleitung	1
2. Verwendung von Fermentpräparaten in der Kälberaufzucht	3
3. Verwendung von Fermentpräparaten in der Rinderfütterung	14
B. EXPERIMENTELLER TEIL - EIGENE VERSUCHE	
1. Versuch	18
2. Versuch	21
3. Versuch	26
4. Versuch	29
5. Versuch	32
6. Versuch	34
7. Versuch	37
C. DISKUSSION	39
D. ZUSAMMENFASSUNG	44
E. LITERATURVERZEICHNIS	46
F. LEBENSLAUF	50



Meiner lieben Mutter

A. ALLGEMEINER TEIL

1. Einleitung

Ein wichtiges Ziel der Tierernährung ist es, die landwirtschaftlichen Nutztiere in möglichst kurzer Zeit unter Verwendung möglichst billiger Futtermittel, die die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der Tiere nicht beeinträchtigen, ihrem Verwendungszweck zuzuführen (z.B. Fleischproduktion) bzw. sie möglichst lange bei hoher Leistung zu halten (z.B. Milchproduktion).

Es ist deshalb auch nicht verwunderlich, daß viele Hilfsmaßnahmen erprobt wurden, um durch mechanische oder biologisch-chemische Aufbereitungsmethoden, durch Zusatz bestimmter Wirkstoffe oder auch durch bestimmte Kombinationen der Futtermittel eine möglichst hohe Ausnutzung zu erzielen.

So soll z.B. für die Tierfütterung durch die mechanische Zerkleinerung des Getreides, also die Herstellung von Schrotten und Mehlen, eine Verringerung der Kauarbeit und eine bessere Angriffsmöglichkeit der Verdauungssäfte erreicht werden.

Hinsichtlich des Stoffeinsatzes in der Tierernährung sei hier auf die Verwendung von sehr kleinen Mengen Antibiotica hingewiesen, durch die erhöhte Gewichtszunahmen bei verbesserter Futterverwertung erzielt werden können (1).

Auch der besonders im Ausland weit verbreitete Einsatz von Hormonen (2) und die Untersuchung mit "grenzflächenaktiven Substanzen" (3) sind Beispiele dafür, wie durch Einwirkung auf das Futter oder den Tierkörper durch Nahrungszusätze eine verbesserte Ausnutzung des Futters erzielt werden kann.

Als Beispiel dafür, daß bestimmte Kombinationen von Futtermitteln eine verbesserte Rationsausnutzung bewirken können, sei darauf hingewiesen, daß bei einer bestimmten Relation von produktiver Energie zum verdaulichen Rohprotein Wachstum und Futterverwertung beim Mastgeflügel verbessert sind. So konnten durch verschiedene Kombinationen energiereicher Futtermittel mit solchen von hoher Rohproteinkonzentration wesentliche Erhöhungen der Leistungen erzielt werden.

Eine bessere Ausnützung der Nahrungsstoffe könnte auch dadurch möglich sein, daß die Verdauungssäfte durch einen Zusatz von Fermenten, als organische Katalysatoren, in ihrer fermentativen Wirkung verstärkt oder fehlende Fermente ersetzt werden, und so ein Gewinn in der Wachstumszunahme erzielt wird.

Neben der erwiesenen therapeutischen Bedeutung von Fermentpräparaten könnte durch die möglicherweise verbesserte Verwertung von herkömmlichen Futtermitteln eine höhere Leistung und eine bessere Futterverwertung von zunehmendem Interesse sein.

In der vollmilcharmen Aufzucht von Kälbern und Ferkeln erschien theoretisch der Einsatz von Fermentpräparaten besonders erfolgversprechend. Die Vollmilch ist als Futtermittel sehr teuer. Es wird daher angestrebt, sie gegen billigere und preiswertere Futtermittel auszutauschen. Die Mineralstoff- und Vitaminforschung ist soweit fortgeschritten, daß die Vollmilch auch in dieser Hinsicht ersetzt werden kann.

Neben dem Vorteil, daß die jährliche Milchlieferung einer Kuh für den menschlichen Genuß um ca. 15 % erhöht wird, sprechen noch andere Gründe für die Umstellung: Die Futteraufnahme der Kälber und Ferkel unterliegt einer genauen Kontrolle, die Gefahren der Ansteckung junger Tiere durch das eventuell infizierte Euter werden vollständig beseitigt, die Euter der Muttertiere sind weniger gefährdet, Schwierigkeiten beim Absetzen entstehen nicht, die Sauen können in kürzerer Zeit nach der Geburt wieder zugelassen werden u. a. m.

Die Lage ist aber bis jetzt so, daß die in Frage kommenden Austauschfuttermittel noch einen erheblichen finanziellen Aufwand bedeuten, da das Tier nach der Kolostrumfütterung nur hochwertige Nahrungsmittel verwerten kann, in der Hauptsache als Energieträger nur Lactose und Glucose (4; 5) und als Eiweißträger Trockenmagermilchpulver (6). Stärke und Proteine anderer tierischer oder pflanzlicher Herkunft, deren Verfütterung eine erhöhte Rentabilität bedeuten würde, können z. T. erst mit zunehmendem Alter verdaut werden. Bei dieser Betrachtung ist die Frage von Interesse: Können die für das Jungtier schwer verdaulichen Nährstoffe durch einen Zusatz von Fermenten besser aufgespalten und so in höherem Maße für das Tier resorbierbar gemacht werden?

Im folgenden sollen einige in dieser Richtung an Kälbern durchgeführte Arbeiten hinsichtlich Aufzucht und Mast einer näheren Betrachtung unterzogen werden.

2. Verwendung von Fermentpräparaten in der Kälber- aufzucht

Um überhaupt das notwendige Ausmaß einer Ergänzung mit Fermenten erkennen zu können, mußte bekannt sein, welche Fermente mit welcher Aktivität in den ersten Lebenstagen des Kalbes gebildet werden. HUBER, HARTMANN, JACOBSON und ALLEN (7) verwendeten in einem Versuch 12 männliche Kälber, die nach der Geburt in zwei vergleichbare Gruppen eingeteilt wurden. Ein Kalb jeder Gruppe wurde jeweils am 1. Tag sowie nach der 1., 2., 3., 4., 5. und 6. Woche getötet. Mit Ausnahme der Kälber, die am 1. Tag getötet wurden, bestand die Nahrung vom 4. Tag bis zur Tötung aus den betreffenden Testmahlzeiten, die für die 1. Gruppe aus Vollmilch + 3 % Lactose und die 2. Gruppe aus Vollmilch + 2,5 % Saccharose + 0,5 % Stärke bestanden. Bis zum 3. Tag wurde Kolostrum gegeben. 14 Stunden nach der letzten Fütterung erfolgte die Tötung der Tiere.

Es wurde die Aktivität von Magenpepsin, Pankreas-Protease, -Lipase, -Amylase und Darm lactase, -Maltase und -Saccharase in den betreffenden Geweben bestimmt. Rückstände der Testmahlzeit in den einzelnen Abschnitten des Gastrointestinaltraktes wurden analysiert, um den Verdauungsgrad der Nahrung zu bestimmen. Es wurden folgende Ergebnisse gefunden: Die Lactaseaktivität nahm mit zunehmendem Alter ab. Außer bei den am 1. Tag getöteten Tieren war im hinteren Drittel des Dünndarms kaum noch eine Lactaseaktivität festzustellen. Die Maltaseaktivität veränderte sich nicht mit zunehmendem Alter und war unabhängig von der aufgenommenen Nahrung. Saccharase wurde nicht gefunden. Die Pepsinaktivität war nach der 1. Woche am höchsten; sie nahm dann wieder ab. Die Aktivitäten von Pankreas-Lipase, -Protease und Amylase wuchsen während der 1. Woche an.

Die Kohlenhydratverdauung betrug für die 1. Gruppe 91 %, für die 2. Gruppe 76 %. Der Durchschnitts-pH-Wert des Inhalts des Colon war 6,80 in der 1. Gruppe, 5,56 in der 2. Gruppe.

Aus diesem Versuch geht hervor, daß die Fermentbildung kurze Zeit nach der Geburt fast ausschließlich auf die Verdauung von Milchinhaltsstoffen eingestellt ist.

Schon im Jahre 1960 hatten WILLIAMS und KNODT (8) die Wirkung des Zusatzes zweier Fermentpräparate geprüft: Papain und Pankreatin.

Für diesen Versuch wurden 18 männliche Holsteinkälber verwendet. Die Tiere wurden in drei nach Körpergewicht, Widerristhöhe und Brustumfang vergleichbare Gruppen eingeteilt.

Tabelle 1

Zusammensetzung des Milchersatzfutters in %

Getrocknete Magermilch	50
Getrocknete Molke	10
Trockendestillationen	10
Blutmehl	10
Hafermehl	4,5
Dextrose	7,74
Getrocknete Bierhefe	4,90
Bestrahlte Bierhefe	0,10
Stabilisiertes Vitaminpräparat	0,22
Mineralstoffmischung	0,04
Dicalciumphosphat	2,50

Bei der Gruppe 1 waren 0,2 % Pankreatin-Präparat, bei den Gruppen 2 und 3 0,2 % bzw. 0,05 % des Papain-Präparats im Futter enthalten. Über eine Kontrollgruppe (ohne Fermentzusatz) wurde von den Verfassern nicht berichtet.

Tabelle 2

Alter (Tage)	Fütterungsplan (Angaben in kg)		
	Vollmilch	Milchersatz- futter	Wasser
1 - 4	1,82 ^a (Kolostrum)	--	--
1 - 7	1,82 ^a (Vollmilch)	--	--
8 - 21	--	0,14 ^a	1,82 ^a
22 - 28	--	0,18 ^a	1,82 ^a
29 - 42	--	0,23 ^a	2,27 ^a
43 - 49	--	0,27 ^a	2,72 ^a
50 - 56	--	0,27 ^b	2,72 ^b

a = 2 x täglich

b = 1 x täglich

Außerdem wurde den Tieren Heu von guter Qualität ad libitum und täglich maximal 2,7 kg von einem Kälberstarter (s. Tab. 2 a) in Breiform verabreicht.

Tabelle 2 a

Zusammensetzung des Kälberstarters (Angaben in kg)

Gemahlener Mais	189,1
Weizennachmehl	136,2
Gebrochener Hafer	181,6
Leinsaatschrot	45,4
Sojaschrot	136,2
Luzernegrünmehl	68,1
Melasse	45,4
Getrocknete Magermilch	45,4
"Distillers Dried Corn Solubles"	45,4
Bestrahlte Hefe	0,23
Dicalciumphosphat	4,5
Futterknochenmehl	4,5
Jodiertes Salz	4,5
Vitamin A-Öl	1,4

Die Ergebnisse nach 7 Versuchswochen sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3

Tägliche Durchschnittszunahme des Körpergewichts in g,
der Widerristhöhe und des Brustumfangs in cm
und Durchschnittsverbrauch des Kälberstarters in 7 Wochen in kg

Gruppe	Tägliche Durchschnittszunahme			Verbrauch des Kälberstarters (7 Wochen) kg
	Körpergewicht g	Widerristhöhe cm	Brustumfang cm	
1 (Pankreatin)	136,2	0,08	0,05	12,71
2 (Papain 200 g)	267,9	0,08	0,10	21,34
3 (Papain 50 g)	304,2	0,08	0,10	17,25

Zwei der sechs Kälber, die mit der größeren Menge Papain gefüttert wurden, starben frühzeitig während des Versuchs.

Eine Untersuchung der gestorbenen Tiere zeigte einen verminderten Wassergehalt im Gewebe und eine Verkümmernug des Intestinums. Die anderen Kälber dieser Gruppe sowie die der Gruppen 1 und 3 hatten ein sehr rauhes Haarkleid und gediehen im ganzen nicht gut. Der Verbrauch von Heu und Kälberstarter war gering.

Die Unterschiede in der Zunahme des Körpergewichts und des Brustumfangs zeigten, daß die mit Papain gefütterten Gruppen schneller wuchsen als die Gruppe, die Pankreatin erhielt. In Bezug auf die Zunahme der Widerstihöhe wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt.

LASSITER und Mitarbeiter (9) verwendeten Pepsin, um seine Wirkung auf das Wachstum und die Gesundheit junger Kälber, die mit verschiedenen Milchersatzfuttern gefüttert wurden, zu untersuchen. 64 Holsteinkälber im Alter von 2 Tagen wurden in 8 Gruppen eingeteilt und 70 Tage in den Versuch gestellt. 4 Paare von Milchersatzfuttern wurden gefüttert, die entweder einen hohen Gehalt an getrockneter Magermilch ohne Sojaschrot oder einen hohen Gehalt von Sojaschrot ohne Trockenmagermilch oder Kombinationen von beiden enthielten. Die Zusammensetzung jedes Paares der Milchersatzfutter war gleich mit der Ausnahme, daß die eine Ration 0,5 % Pepsin enthielt, die andere nicht. Da das Sojaschrot einen höheren Prozentsatz an Protein als die Trockenmagermilch aufwies, mußten dort, wo der Gehalt an Sojaschrot höher war, die Mengen der getrockneten Molken herabgesetzt und der Prozentsatz von Glucose erhöht werden, um die Proteingehalte der Milchersatzfutter vergleichbar zu gestalten.

Tabelle 4

Zusammensetzung der Milchersatzfutter in %

Gruppe	1 u. 1 A	2 u. 2 A	3 u. 3 A	4 u. 4 A
Trockenmagermilch	33,0	22,0	12,0	--
Sojaschrot	--	11,0	20,0	28,0
Getrocknete Molken	37,0	24,0	15,0	15,0
Glucose	16,4	29,4	39,4	43,4
"Corn distiller solubles"	10,0	10,0	10,0	10,0
Spurenelemente	0,5	0,5	0,5	0,5
Dicalciumphosphat	2,0	2,0	2,0	2,0
Aurofac D	1,0	1,0	1,0	1,0
Vitamin- und Mineralstoffmischung	0,1	0,1	0,1	0,1
Summe	100,0	100,0	100,0	100,0

Der Fütterungsplan war folgendermaßen:

Alter, Tage	Tägliche Futteraufnahme	
	Vollmilch, kg	Milchersatzfutter, kg
0 - 2	Kolostrum	-
3 - 10	1,82	0,27
11 - 14	0,91	0,45
15 - 28	--	0,64
29 - 35	--	0,45
36 - 42	--	0,27
43 - 49	--	0,18
50 - 72	--	--

Während der gesamten Fütterungszeit wurde den Kälbern Alfalfahen von guter Qualität ad libitum gegeben. Außerdem wurde das jeweilige trockene Milchersatzfutter bis zu einer maximalen Menge von 2,7 kg täglich angeboten.

Das Ergebnis zeigte, daß sich die Gewichtszunahmen verminderten in dem Maße, wie der Trockenmagermilchanteil abnahm und der Gehalt an Soja-schrot zunahm. Das Pepsin wirkte sich negativ auf die Gewichtszunahmen der Kälber aus. Die mit Pepsin gefütterten Kälber neigten dazu, weniger Milchersatzfutter aufzunehmen, dafür aber mehr Heu. Auch die Futterverwertung dieser Tiere war schlechter.

Tabelle 5

Wirkung der Milchersatzfuttermittel und des Pepsins auf das Wachstum und die Futterverwertung von Kälbern vom 2. bis 72. Lebenstag in kg

Milchersatz- futter Nr.	Anfangs- gewicht	durchschn. Gewichtszunahme 2. -49. Tag	2. -72. Tag	Futterver- wertung
1	41,13	0,291	0,459	3,10
1 A	41,86	0,313	0,440	3,11
Durchschnitt	41,40	0,304	0,449	3,11
2	42,49	0,281	0,440	3,34
2 A	41,40	0,245	0,368	3,69
Durchschnitt	41,95	0,263	0,445	3,52
3	41,13	0,204	0,359	3,60
3 A	42,13	0,123	0,286	4,58
Durchschnitt	41,63	0,163	0,322	4,09
4	41,81	0,236	0,354	3,95
4 A	41,22	0,186	0,322	3,86
Durchschnitt	41,54	0,213	0,341	3,91
durchschn. Zun. ohne Pepsin	41,63	0,254	0,445	3,50
durchschn. Zun. mit Pepsin	41,68	0,218	0,354	3,81

A = Zusatz von Pepsin

Die absolute Höhe der Werte für die Gewichtszunahmen und die Futterverwertung ist unterdurchschnittlich, ein Rückschluß auf die Wirkung eines Pepsinzusatzes bei optimaler Fütterung ist daher wohl nicht möglich.

Die dargestellten Angaben dieses Versuches bestätigen die Beobachtung, daß Rationen mit pflanzlichen Proteinen in Milchersatzfuttermitteln, denen Pepsin zugesetzt wurde, den Wuchs von Kälbern nicht fördern, wie es auch im nächsten Versuch zutage tritt. Es scheint so zu sein, daß dann, wenn ein junges Kalb "Fermentmangel" hat, wie von NOLLER und Mitarbeiter (10) vermutet wird, die verwendete Pepsinmenge den Mangel nicht ausgleicht. Andere Mengen oder andere proteolytische Fermente, einzeln oder kombiniert, können günstigere Wirkungen zeigen.

So haben FRIES und Mitarbeiter (11) ähnliche Versuche mit Pepsin und anderen Präparaten angestellt. Die Autoren verwendeten als Versuchstiere wieder Holsteinkälber im Alter von 2 Tagen, die willkürlich ausgewählt, gekennzeichnet und für 2 Versuche eingeteilt wurden. Die tägliche Fütterung ist in Tabelle 6 dargestellt, sie ist für beide Versuche gleich.

Tabelle 6
Tägliche Futteraufnahme

Alter, Tage	Vollmilch, kg	Milchersatz- futter, kg
0 - 2	von der Mutter	--
3 - 5	2,7	0,09
6 - 9	1,8	0,23
10 - 20	0,9	0,36
21 - 40	--	0,45
41 - 60	--	--

Die Milchersatzfutter wurden in Breiform gefüttert. Außerdem wurde noch genügend Wasser gegeben, so daß eine tägliche Flüssigkeitsaufnahme von annähernd 10 % des Körpergewichts erreicht wurde. Beide Versuche wurden nach 60 Tagen beendet.

Für den 1. Versuch wurden 24 Kälber in 4 Gruppen eingeteilt. Ihnen wurde das Milchersatzfutter 1 (siehe unten) gefüttert, und zwar die

1. Gruppe als Kontrollgruppe ohne Fermentzusatz
2. Gruppe mit Zusatz von 1 % Malzdiastase
3. Gruppe mit Zusatz von 0,2 % Pepsin
4. Gruppe mit Zusatz von beiden Präparaten
kombiniert

Tabelle 7

Zusammensetzung der Milchersatzfutter in %

Ration	1	2	3
Sojaschrot	33,4	41,9	--
Trockenmagermilch	--	--	57,9
Maismehl	48,0	--	--
Glucose	--	39,5	23,5
"Corn distillers solubles"	10,0	10,0	10,0
Molken	5,0	5,0	5,0
Aurofac D	1,0	1,0	1,0
Dicalciumphosphat	2,0	2,0	2,0
Spurenelemente	0,5	0,5	0,5
Vitamin- und Mineralstoffmischung	0,1	0,1	0,1
zusammen	100,0	100,0	100,0

Zusammensetzung:

Trockensubstanz	84,9	90,7	94,1
Rohproteingehalt	27,6	26,8	24,8
Ätherextrakt	1,5	3,9	1,3
Rohfaser	2,1	1,3	0,4
Asche	6,4	6,1	8,4
N-freie Substanzen	47,3	52,6	59,2

Die Wirkung der zugesetzten Fermente sollte durch eine Vorverdauung erhöht werden. Das Milchersatzfutter wurde im Verhältnis 1 : 4 mit Wasser gemischt und 12 Stunden bei 40 ° C gehalten. Die Vorverdauung erfolgte täglich für den nächsten Tag. Ab 40. Lebenstag wurde das Futter ohne Vorverdauung verabfolgt.

Außerdem wurde das unbehandelte trockene Milchersatzfutter 1 nach dem 6. Lebenstag allen Gruppen ad libitum angeboten. Heu wurde in diesem Versuch nicht gegeben.

Tabelle 8

Wirkung der Fermentverdauung auf das Wachstum
und den Futterverbrauch der Versuchskälber im 1. Versuch
(Milchersatzfutter 1, Tab. 7) Angaben in kg

	Kontroll- gruppe	Grundfutter		+ Kombi- nation
		+ Malz- diastase	+ Papain	
Anfangsdurchschnitts- gewicht	42, 54	43, 13	42, 36	40, 42
Tägliche Durchschnitts- zunahme, 40 Tage	0, 173	0, 215	0, 045	0, 159
Tägliche Durchschnitts- zunahme, 60 Tage	0, 295	0, 449	0, 268	0, 331
Durchschnittsverbrauch pro Kalb:				
Vollmilch	24, 65	24, 06	24, 74	24, 02
Behandeltes Milch - ersatzfutter	13, 76	13, 57	13, 71	13, 48
Unbehandeltes Milch- ersatzfutter, 40 Tage	15, 44	14, 30	8, 17	8, 63
Unbehandeltes Milch- ersatzfutter, 60 Tage	41, 22	48, 90	30, 92	38, 82

Die Ergebnisse zeigen folgendes Bild:

Vollmilch- und Milchersatzfuttermittelverbrauch waren für beide Gruppen ähnlich. Die geringen Unterschiede wurden durch nicht vollständig aufgenommenes Futter verursacht.

Im 1. Versuch waren die Gewichtszunahmen der Gruppe, deren Milchersatzfutter allein mit Papain vermischt war, nach 40 Tagen beträchtlich niedriger als die der anderen Gruppen. Drei der Kälber dieser Gruppe hatten an Gewicht verloren. Am Ende des Versuches war der Unterschied nicht mehr so deutlich. Es starben jedoch zwei Kälber vor Versuchsende, die in den

60-Tage-Durchschnitt nicht mit eingerechnet wurden. Sonst waren die Unterschiede in den Zunahmen statistisch nicht signifikant, weder nach 40 Tagen noch nach 60 Tagen, ebenso der Futterverbrauch. Eine Ausnahme machte nach 40 Tagen die Gruppe, die als Zusatz nur Malzdiastase erhielt; hier waren die täglichen Zunahmen wesentlich erhöht. Der Futterverbrauch war jedoch den anderen Gruppen gegenüber nur geringfügig verändert. Der Appetit der mit Papain und Papain + Malzdiastase als Fermentzusatz gefütterten Tiergruppen verbesserte sich nach dem 40. Tag.

Im 2. Versuch wurden 30 Kälber in 6 Gruppen eingeteilt. Diese 6 Gruppen erhielten die 3 Milchersatzfutter (siehe Tabelle 7) mit bzw. ohne 0,5 % Pepsin. Die Milchersatzfutter wurden hier nicht vorverdaut. Im Gegensatz zum 1. Versuch stand Alfalfaheu und ein pflanzliches Eiweißfuttermittel mit 18 % Rohprotein (Starter) ad libitum für alle Gruppen nach dem 7. Lebenstag zur Verfügung.

Tabelle 9

Wirkung des Pepsins und der Art der Milchersatzfutter auf Wachstum und Futterverbrauch der Versuchskälber (Angaben in kg, 2. Versuch)

Milchersatzfutter	1		2		3	
	Kontr.	+ Pepsin	Kontr.	+ Pepsin	Kontr.	+ Peps.
Durchschnittl. Anfangsgewicht	40,27	43,49	40,72	40,50	39,86	41,22
Tägl. Durchschnittszunahme 40 Tage	0,277	0,322	0,195	0,291	0,440	0,459
Tägl. Durchschnittszunahme 60 Tage	0,409	0,409	0,359	0,377	0,481	0,513
Durchschnittsfutterverbrauch:						
Vollmilch	27,24	25,65	26,06	25,06	25,42	25,33
Milchersatzfutter	13,76	13,89	13,89	13,80	13,89	13,85
Starter 40 Tage	10,58	14,62	5,77	5,45	10,08	9,31
Starter 60 Tage	32,64	39,73	28,38	25,70	35,82	31,37
Heu 40 Tage	4,99	4,49	3,54	5,81	3,81	7,08
Heu 60 Tage	12,44	12,94	13,85	15,12	10,12	18,02

Im 2. Versuch sind die Unterschiede in den Gewichtszunahmen und im Futterverbrauch zwischen den Kontrollgruppen und den zusätzlich mit Pepsin-Milchersatzfutter gefütterten Gruppen statistisch nicht signifikant (weder nach 40 noch nach 60 Tagen). Die Gewichtszunahmen zwischen den Gruppen, die verschiedenartige Milchersatzfutter erhielten, dagegen sind bedeutend (nach 40 und nach 60 Tagen). Nach 40 Tagen bestand eine deutliche Differenz zwischen der Gruppe, die das Milchersatzfutter 3 erhielt (hoher Magermilchanteil), und den anderen beiden, nach 60 Tagen nur noch gegenüber der Gruppe mit dem Milchersatzfutter 2 (hoher Sojaschrotanteil).

Die Pepsinwirkung war also gering. Die Tiere der beiden Gruppen mit Sojaschrot im Futter (1 und 2) zeigten das typische geringgradige Jugendwachstum bei dieser Art von Milchersatzfutter, wie es deutlich durch die geringen Gewichtszunahmen nach 40 Tagen erkennbar ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß es trotz der Mehrzunahme der mit Malzdiastase versorgten Gruppe im 1. Versuch zweifelhaft ist, ob die Verbesserung dem Ferment zugeschrieben werden kann. Der Unterschied war statistisch nicht signifikant und der größte Teil der Verbesserung trat erst nach dem 40. Tag auf.

Die niedrigen Gewichtszunahmen, die geringe Futteraufnahme und die beobachtete Mortalität, obwohl statistisch nicht gesichert, lassen darauf schließen, daß die Verwendung von Papain im 1. Versuch nachteilige Wirkung hatte.

Im Versuch 2 konnten durch den Pepsinzusatz keine verbesserten Ergebnisse erzielt werden. Auch im oben beschriebenen Versuch von LASSITER und Mitarbeitern (9) hatte der Pepsinzusatz keine günstigeren, sondern verschlechterte Gewichtszunahmen und Futterverwertungen zur Folge. Diese Befunde erscheinen zunächst verwunderlich, da nach verschiedenen Literaturangaben (7, 10, 11) angenommen werden muß, daß junge Kälber einen Mangel an proteolytischen Fermenten haben. Es muß jedoch bedacht werden, daß bei der Pepsinverdauung zum großen Teil relativ hochmolekulare Peptide als Endprodukte anfallen, die auf Grund eines vorliegenden Mangels an spezifischen Peptidasen für diese Peptide im Verdauungstrakt des Kalbes nicht zu resorbierbaren Teilstücken abgebaut werden können.

Ähnliche Ergebnisse der Untersuchungen, die RATCLIFF und Mitarbeiter (12) angestellt haben, werden dadurch leicht verständlich. Die Autoren verwendeten 16 Holsteinkälber (8 männliche und 8 weibliche), die in zwei ver-

gleichbare Gruppen eingeteilt wurden, zu ihrem Versuch. Alle Kälber der Gruppe 1 erhielten Vollmilch (7 Wochen lang), Starter und Heu. Die Hälfte der Kälber jeden Geschlechts bekamen von der 4. bis 11. Woche einen Futterbrei (Final ground dry feeds + Wasser) vorgesetzt.

Die Tiere der Gruppe 2 wurden wie die der Gruppe 1 gefüttert mit der Ausnahme, daß der Nahrung jeden Kalbes Pepsin und tierische Diastase in der Menge von 1 % bzw. 0,17 % der Trockensubstanz zugesetzt wurde.

Die Durchschnittszunahmen pro Tier in Gruppe 1 nach 16 Wochen war 75,4 kg im Vergleich zu 70,8 kg in der Gruppe 2, ein Unterschied, der statistisch nicht gesichert ist. Weiterhin war das Bild der Wachstumskurven der beiden Gruppen im allgemeinen gleich. Der Durchschnittsverbrauch in kg pro Tier in Gruppe 1 bzw. 2 war folgendermaßen: Milch 155,3 und 153,0, Futterbrei 7,7 und 8,6, Starter 146,6 und 139,4, Heu 78,1 und 71,3.

Die Durchschnittszunahmen für die Kälber, die den Futterbrei erhielten, betrugen 76,7 kg im Vergleich zu 69,5 kg pro Tier der Gruppe, die dieses Gemisch nicht erhielten. (Unterschied ist statistisch nicht signifikant).

Der Durchschnittsverbrauch von Futter ohne Futterbrei bzw. mit Futterbrei war (in kg): Milch 152,1 und 155,7, Futterbrei 0 und 16,3, Starter 155,7 und 130,8, Heu 74,0 und 75,8.

Aus diesen Ergebnissen wird wieder deutlich, daß trotz des Zusatzes eines kombinierten Fermentpräparates (Pepsin und Diastase) keine Verbesserung der Wachstumszunahmen erfolgte.

Nach der Beschreibung dieser Untersuchungen mit Fermentzusätzen bei Kälbern, die alle keine positiven Ergebnisse zeigten, sollen im folgenden kurz einige Versuche geschildert werden, die mit Fermentzusätzen in der Rinderfütterung angestellt wurden.

3. Verwendung von Fermentpräparaten in der Rinderfütterung

Hier sind in erster Linie die Arbeiten von BOWDEN und CHURCH (13) von Bedeutung, die die Wirkung einiger Fermentkonzentrate auf die Zelluloseverdauung im künstlichen Pansen betreffen. In einer Reihe von Versuchen mit künstlichen Pansen wurde die Einwirkung roher Pansenflüssigkeit von weidenden Ochsen auf gereinigte Zellulose, Gerstenstroh und Heu geprüft.

Jedem Substrat wurden verschiedene Mengen folgender Produkte zugesetzt:

- a) eine Vormischung eines bakteriellen, amylolytisch-proteolytischen Präparates (Takamine HT 440)
- b) ein Konzentrat von a)
- c) ein Pilz-Zellulose-Präparat (Takamine XT-541-12)
- d) eine Pilzamylase (Takamine F 8037)
- e) ein Rohpräparat von Lävulinsäure.

Die Ergebnisse der in-vitro-Untersuchungen zeigten, daß die Verdauung gereinigter Zellulose und der Zellulose von Gerstenstroh, nicht aber die im getrockneten Gras durch alle Prüfsubstanzen verbessert werden kann mit Ausnahme von d); die Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchen sind jedoch beträchtlich.

In einer 2. Reihe von Versuchen war es das Ziel, die aktiven Faktoren zu bestimmen, die für das Anwachsen der Zelluloseverdauung verantwortlich sind: Es zeigte sich, daß der Zusatz der oben angegebenen Fermentpräparate allein (ohne zugesetzte Pansenflüssigkeit) die Zelluloseverdauung nicht erhöhte. Durch Veraschen der Fermentpräparate wurde die Aktivität vollständig gehemmt, durch Kochen für 5 - 10 Minuten jedoch nicht. Eine Hydrolyse mit NaOH (Konzentration wurde von den Autoren nicht angegeben) vermehrte die zellulolytische Aktivität in einem Versuch. Ein Auszug mit kaltem Aceton oder Alkohol verhinderte die Aktivität vollständig. Zusätze von Prolin, Valin oder Valeriansäure ergaben im wesentlichen die gleichen Resultate wie mit Fermentpräparaten.

Das Ergebnis zeigt, daß der Zusatz von Fermentpräparaten zur Pansenflüssigkeit einen Einfluß auf die Verdauung von Zellulose oder auf das Wachstum von Mikroorganismen hat, der den Fermenten oder auch anderen Inhaltsstoffen der Präparate zugeschrieben werden kann.

Zu ebenfalls positiven Versuchsergebnissen kamen BURROUGHS und Mitarbeiter (14), die Untersuchungen an wachsenden Rindern anstellten. Als Fermentzusatz verwendeten die Autoren, Agrozym, ein getrocknetes Fermentgemisch bakteriellen Ursprungs, das sowohl amylolytische als auch proteolytische Fermente enthält. In 10 Fütterungsversuchen wurden den 325 Rindern, die in 43 Versuchsgruppen eingeteilt worden waren, täglich entweder 3,4 g oder 6,8 g Fermentmischung zum Futter zugesetzt.

Die Mast- und Wachstumsrationen wurden sowohl Ochsen als auch jungen Kühen während der Zeitdauer von 84 bzw. 175 Tagen in den betreffenden Versuchen gefüttert. Gewichtszunahmen und Futterverbrauch wurden gemessen. Das Fermentgemisch erhöhte die Gewichtszunahmen durchschnittlich um 9 % in 8 der 10 Versuche. Ein geringer oder gar kein Einfluß auf den Futterverbrauch wurde festgestellt. Die Höhe der Gewichtszunahmen in allen 10 Versuchen wurde bei den mit Fermenten gefütterten Rindern um 6 % verbessert.

Im Gegensatz zu diesen Untersuchungen wurden jedoch von THEURER und Mitarbeiter (15) Arbeiten beschrieben, die keine Wirkung in der oben beschriebenen Richtung aufwiesen. Es wurde eine Reihe von Verdauungsversuchen mit Ochsen und Schafen, die mit Mastrationen gefüttert wurden, durchgeführt, um die Wirkung des oben beschriebenen Agrozyms auf die Verdaulichkeit und die N-Retention zu bestimmen.

In zwei Versuchen mit Ochsen wurden je 8 Tiere in zwei Gruppen eingeteilt, denen folgende Rationen vorgesetzt wurden:

1. Grundfutter

2. Grundfutter + 7 g Fermentmischung täglich.

Im 1. Versuch wurde eine Ration mit 12 % Protein gefüttert, die zu 64 % aus Maisschrot, zu 29 % aus geschnittener Luzerne und zu 7 % aus Kraftfutter bestand.

Im 2. Versuch enthielt die Futterration 9 % Protein. Die Ration bestand zu 60 % aus Maisschrot, 14 % aus Maisspindeln, 10 % aus Luzerneheu, 10 % aus Melasse und zu 6 % aus Kraftfutter.

Der Zusatz der Fermentmischung setzte die Proteinverdaulichkeit in der Ration mit 9 % Protein herab. Bei der Ration mit 12 % Protein wurde keine Beeinflussung gefunden. Die N-Retention war in der Kontroll- und Versuchsgruppe etwa gleich hoch.

Bei den Schafversuchen der gleichen Autoren wurden 4 Gruppen von je 8 Schafen mit folgenden Tagesrationen gefüttert:

1. 800 g Grundfutter

2. Grundfutter + 0,5 g Fermentmischung täglich

3. Grundfutter + 1,5 g Fermentmischung täglich

4. Grundfutter + 2,0 g Fermentmischung täglich

Die Ergebnisse zeigten, daß hier die N-Retention durch den Fermentzusatz zwar erhöht war, die Verdaulichkeit jedoch nicht deutlich beeinflusst wurde.

In einer anderen Arbeit wurden von CLASSEN und Mitarbeitern (16) Versuche beschrieben, die mit Hilfe von Albinoratten, Kaninchen, Schweinen und Schafen durchgeführt wurden.

Der Nahrung dieser Tiere wurden rohe, bakterielle Amylasepräparate zugesetzt. Obwohl diese Fermentationsprodukte für α -Amylase standardisiert waren, enthielten sie doch laut Angabe der Autoren außerdem noch viele andere Fermente, ohne daß diese näher charakterisiert wurden.

Die Wirkung auf die Gewichtszunahmen waren folgendermaßen:

Bei Albinoratten, denen abgestufte Mengen von Fermenten dem Futter, das aus Mais und Gerste bestand, zugesetzt wurde, betrugen die Gewichtszunahmen 7 - 41 %, bei Kaninchen 9 - 22 %, es wurde hier typisches Kaninchenfutter verabreicht.

Beim Zusatz der Amylasepräparate zum Schweinefutter verschiedener Zusammensetzung wurden in 4 Versuchen die Gewichtszunahmen um 8 - 14 % erhöht und die Futtermittelverwertung durchschnittlich um 8 % verbessert.

In Deutschland liegen bisher noch keine Versuche in dieser Richtung vor. Daher wurden auf der ersten Stufe zur Erforschung der Wirksamkeit der Fermente in der Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere Rattenversuche durchgeführt.

B. EXPERIMENTELLER TEIL - EIGENE VERSUCHE

1. Versuch

a) Versuchsziel

In diesem Versuch an wachsenden männlichen Albinoratten sollte untersucht werden, ob eine Einwirkung von Fermentpräparaten auf die Gewichtszunahme, die N-Retention, die Futterverwertung, die N-Verwertung und den N-Futterwert (vgl. Fußnote S. 22) besteht. Es sollten 5 Fermentpräparate, die nach den in-vitro-Untersuchungen von AHRENS (17) eine deutliche Wirkung zeigten, verwendet werden.

b) Futterzusammensetzung

45 Teile (= 46,39 %)	Weizenschrot
30 Teile (= 30,93 %)	Maisschrot
3 Teile (= 3,09 %)	Magermilchpulver
15 Teile (= 15,47 %)	Sojaschrot
2 Teile (= 2,06 %)	Luzernegrünmehl
2 Teile (= 2,06 %)	Mineralstoffmischung

Zusammensetzung der Mineralstoffmischung:

Calciumcarbonat	40,0 %
Dicalciumphosphat	30,0 %
Viehsalz	25,0 %
Magnesiumsulfat	4,5 %
Spurenelementmischung	0,5 %
(Fe:Cu:Mn:Co = 5:1, 5:1:0, 2)	

Futterzubereitung: Die einzelnen Bestandteile wurden in einem Mischer eine Viertelstunde lang gemischt, in einer Schrotmühle zerkleinert und dann abermals in dem Mischer gemischt. Dieses Grundfutter wurde in 6 Teile geteilt, denen dann in einer kleinen Mischmaschine die Fermentpräparate zugesetzt wurden.

c) Versuchsanlage

Gruppe (=Ration Nr.)	1	2	3	4	5	6
Fermentpräparat 1 %	-	A	B	C	D	Pepsin
Zahl der Tiere pro Gruppe	10	10	10	10	10	10
Grundfutter	----- für alle Tiere konstant -----					

Die Fermentpräparatdosierung wurde für alle verwendeten Enzympräparate in diesem 1. Versuch auf 1 % in der Ration festgesetzt, um zunächst einmal festzustellen, ob überhaupt die Zusätze der Fermentpräparate im Rattenversuch Auswirkungen auf die Versuchskriterien erkennen lassen. Eine eventuelle Beeinflussung könnte dann zu den von AHRENS (l.c.) in vitro ermittelten spezifischen proteolytischen, amylolytischen, lipatischen und cellulatischen Fermentaktivitäten in Beziehung gesetzt werden.

Weitere Versuche mit unterschiedlichen Fermentpräparatdosierungen lassen denn möglicherweise eine Wechselwirkung zwischen in-vitro-Aktivität und in-vivo-Wirkung erkennen (vgl. Versuche 3, 4, 5 und Diskussion!)

d) Versuchsdurchführung

Die Tiere wurden in 60 Einzelkäfigen untergebracht, die wie Schubladen in einem fahrbaren Gestell hingen. Sie waren auf beiden Seiten des Gestells in 5 Reihen übereinander angeordnet. Da der Versuchsraum nur auf einer Seite Fenster besaß, mußte das Fahrgestell täglich gedreht werden, um den Tieren beider Seiten gleich viel Licht zukommen zu lassen.

Zwischen den Reihen der Käfige, die einen für Harn und Kot durchlässigen Boden besaßen, fingen mit Humus bedeckte Bleche Kot und Harn auf.

In den Einzelkäfigen wurden auf der einen Seite die Futtergefäße befestigt. Sie bestanden aus durchsichtigem Kunststoff und hatten einen aufschraubbaren Deckel, der mit einer Öffnung von ca. 4 cm Durchmesser versehen war. Um zu verhüten, daß die Tiere Futter verstreuten, wurden auf das Futter Einlagescheiben mit kleinen Löchern von ca. 1 cm Durchmesser gelegt. Als Tränkbehälter dienten Wasserflaschen mit 200 ccm Inhalt, die so angebracht wurden, daß die Öffnung nach unten zeigte. Aus einem Glasröhrchen, das mit Hilfe eines Gummistopfens im Flaschenhals befestigt war, konnten die Tiere Wasser aufnehmen.

Die Fütterung der Tiere geschah in der Weise, daß jedes Tier in der 1. Woche täglich 11 g, in der 2. 12 g, in der 3. 13 g und in der 4. Woche 14 g Futter vorgesetzt bekam. Eine Fütterung erfolgte nur dann nicht, wenn die vom Vortag übriggebliebene Futtermenge die erneut einzuwiegende Futtermenge überstieg. Wasser stand ad libitum zur Verfügung.

70 männliche Albinoratten im Alter von ca. 4 Wochen wurden mit Hauptner-Ohrmarken gekennzeichnet und einen Tag lang zur Anpassung an die Umgebung und das Futter willkürlich in die Käfige verteilt. Am Abend des gleichen Tages wurden Futter und Tränke entfernt.

Am nächsten Morgen erfolgte das Wiegen und die Einteilung der Tiere dem Gewicht nach, und zwar wurden nach steigendem Gewicht jeweils 6 Tiere einer Gruppe zugeordnet. Es entstanden so 10 Gruppen mit je 6 Tieren, aus denen durch Zufallsverteilung je ein Tier ausgewählt und einer Zehnergruppe zugeordnet wurde. Auf jeder Seite des Fahrgestells wurden von jeder Zehnergruppe 5 Tiere willkürlich in einer Käfigreihe von oben nach unten untergebracht.

In den restlichen Tieren erfolgten Stickstoffbestimmungen, die zur Berechnung des Ausgangswertes für die N-Retentionen in den Versuchstieren dienen sollten.

Verteilung der einzelnen Gruppenhälften auf das Fahrgestell:

(Aufsicht)

rechts:	Gr.	3	5	1	4	6	2
links:	Gr.	5	1	3	6	2	4

Das Wiegen am Ende des Versuchs wurde in gleicher Weise vorgenommen wie am Anfang. Die N-Bestimmung erfolgte in jeder Gruppe nach steigenden Gewichten nur in jedem 2. Tier. Die Tiere wurden in einem luftdichten Gefäß mit Äther getötet, bis zur weiteren Verarbeitung eingefroren, in gefrorenem Zustand zerschnitten und in 1-Liter-Rundkolben gebracht, die 600 ml 6nHCl und 10 g Zinn-II-Chlorid enthielten. Anschließend erfolgte eine Hydrolyse von 24 Stunden Dauer am Rückflußkühler über freier Flamme. Es hat sich nach den Arbeiten von HANSEL (18), HEPPA (20), MÜLLER (19) u. a. als methodisch wesentlich sicherer erwiesen, eine homogene Verteilung des N eines Rattenkörpers in einer Lösung durch Hydrolyse zu bewirken als durch nasse Veraschung. Bei der Veraschung mit H_2SO_4 fallen auf Grund des hohen Anteils an Knochen viele in konzentrierter Schwefelsäure unlösliche Verbindungen als Bodensatz aus und führen leicht zum Springen des

Kolbens und damit zum Verlust des gesamten Analysenmaterials. Adäquate Teile des homogenen Inhalts dienten nach Filtration zur N-Bestimmung nach der Methode von Kjeldahl, die hier nicht näher erörtert werden soll.

e) Ergebnisse

Die Ergebnisse des 1. Versuches sind in Tabelle 10 wiedergegeben (S. 22).

f) Auswertung des Versuches 1

Der Zusatz von Fermentpräparaten in der Konzentration von 1 % hat bei allen Gruppen mit Ausnahme der Pepsingruppe eine deutliche Wirkung hervorgerufen. Die Gewichtszunahmen im Durchschnitt der gesamten Versuchsdauer betrugen beim Fermentpräparat A 19,7 %, B 16,7 %, C 8,5 % und D 11,4 % mehr als in der Kontrollgruppe (Gruppe 1). In der Gruppe 6 (Pepsin) waren die Gewichtszunahmen um 14,1 % geringer als in der Kontrollgruppe. Die Futteraufnahmemenge war bei den Gruppen 2 - 5 durchschnittlich nur um 4,5 % erhöht. Es ist bei diesen Gruppen die Futterverwertung wesentlich verbessert, besonders bei den Gruppen mit den Präparaten A, B und D.

Entsprechend den Gewichtszunahmen war auch die N-Retention der Fermentgruppen (außer Gruppe 6) gegenüber der Kontrollgruppe erhöht, sie betrug bei der Gruppe 2 (Präparat A) 17,1 % und bei der Gruppe 3 (Präparat B) 13,1 % mehr als bei der Kontrollgruppe. Die Resultate der N-Verwertung und des N-Futterwertes entsprachen den oben beschriebenen Ergebnissen der Gewichtszunahmen und Futterverwertung. In der Pepsingruppe wurden bei allen Versuchs-kriterien gegenüber der Kontrollgruppe eine negative Wirkung festgestellt.

2. Versuch

a) Versuchsziel

Untersuchung der Einwirkung von Fermentpräparaten auf die Retention von Nahrungsstickstoff im Rattenkörper. Wegen der nach STOTZ (21), NEHRING (25), DREPPER (22) u. a. häufig festgestellten Differenz zwischen der N-Retention, die mit Hilfe einer Bilanz ermittelt, und derjenigen, die auf Grund von Körper-N-Analysen gefunden wurde, fanden in diesem Versuch geschlossene, mit Luft durchströmte Glaskäfige Verwendung, die es erlaubten, die N-Retention nach beiden Methoden festzustellen. Es sollte mit

Tabelle 10

1. Fütterungsversuch

Versuchsdauer: 4 Wochen

60 männliche Albinoratten

N-Gehalt im Grundfutter: 2,74 %

Durchschnitts-N-Gehalt im Tier am

Anfang des Versuches: 3,04 %

Angaben pro Tier im Durchschnitt der Gruppe

Gr. Futter	Anfangsgew. g	Gew. Zunah. g	Futtermenge g	Futterverw. g	N-Zunahme g	N-Aufnahme g	N-Verwert. g	N-Futtermenge g
1 Grundfutter	36,0	65,9	287,5	4,36	2,205	7,863	3,566	100
2 Grundf. / 1% Präp. A	35,6	78,9	303,0	3,84	2,581	8,326	3,226	110,9
3 Grundf. / 1% Präp. B	36,1	76,9	307,5	3,99	2,493	8,432	3,342	111,1
4 Grundf. / 1% Präp. C	35,6	71,5	299,0	4,18	2,339	8,201	3,478	103,9
5 Grundf. / 1% Präp. D	35,6	73,4	292,7	3,98	2,385	8,028	3,366	106,9
6 Grundf. / 1% Präp. E	34,9	56,6	274,0	4,84	1,896	7,527	3,970	87,9
Versuchskriterien:								
1. Gewichtszunahme	Futtermenge in g				5. N-Futtermenge			
2. Futterverwertung	Gewichtszunahme in g				1. N-Verwertung der Standardgruppe			
3. N-Aufnahme in g					2. N-Verwertung der Versuchsguppe			
					$\left(= \frac{1}{2} \times \frac{\text{N-Zunahme d. Vers. Gruppe}}{\text{N-Zunahme d. Standardgr.}} \right)$			

Hilfe dieses Versuches ermittelt werden, ob parallel zu den höheren Gewichtszunahmen auf Grund einer Beifütterung von Fermentpräparaten (1. Versuch) eine vermehrte N-Retention zu beobachten ist. Als Fermentpräparate wurden die gleichen Präparate wie in dem oben beschriebenen 1. Versuch in gleicher Konzentration von 1 % verwendet.

b) Futterzusammensetzung: wie in Versuch 1.

c) Versuchsanlage: wie in Versuch 1

Aus versuchstechnischen Gründen konnte nur jeweils ein Tier für die Prüfung der Wirkung der einzelnen Fermentpräparate verwendet werden. In diesem Versuch konnte die Stickstoffabgabe aus dem Tierkörper in den flüssigen und festen sowie auch in den gasförmigen (als NH_3 , eventuell aus Harn und Kot stammend) Ausscheidungen festgestellt werden. Es konnte hier also die N-Retention sowohl durch die Bestimmung der Stickstoffbilanz ("scheinbare N-Retention") als auch durch Körper-N-Analyse ("wahre N-Retention") berechnet werden. Beide N-Retentionsbestimmungsmethoden ergaben nach HEPPA (20) annähernd gleiche Resultate, können aber auch, wie schon erwähnt, Differenzen aufweisen, deren Ursache nicht bekannt ist.

d) Versuchsdurchführung

Als Käfige dienten 2-Liter-Original-Weckgläser, die mit Hilfe von Gummi und Klammer luftdicht verschlossen waren. Die Deckel waren mit 2 Bohrungen versehen, die einen Durchmesser von 1,5 cm hatten. An beiden Öffnungen schloß sich über Gummistopfen je ein luftdichtes Leitungssystem aus Glasröhrchen und Gummischläuchen an.

Das eine Leitungssystem endete an einer Wasserstrahlpumpe, die die Luft aus dem Gasstoffwechselkäfig ansog und sie durch eine n/4 Schwefelsäure-Lösung leitete, in der der gasförmige, als NH_3 entwichene Stickstoff gebunden wurde. Vor und nach diesem Erlenmeyer-Kolben wurde je ein weiterer eingeschaltet, die verhindern sollten, daß einerseits keine festen Teilchen aus dem Käfig in die Schwefelsäure-Lösung gelangten und andererseits keine n/4 Schwefelsäure die Wasserstrahlpumpe erreichen konnte.

Durch das zweite Leitungssystem strömte die Luft in den Gasstoffwechselkäfig ein. Eine Vorreinigung der eintretenden Luft erfolgte über Schwefelsäure. Zwischen dem Zylinder mit konzentrierter Schwefelsäure und dem Käfig befand sich ein Erlenmeyer-Kolben zur Verhütung des Übertritts von

Schwefelsäure in den Käfig. Da die Gefahr bestand, daß beim Abstellen der Wasserstrahlpumpe zum Reinigen des Käfigs durch den geringen bestehenden Unterdruck im Gasstoffwechselkäfig Schwefelsäure übertreten könnte, wurde zuvor an einer beliebigen Stelle die Leitung geöffnet.

In jedem Käfig wurde 2 cm über dem Boden ein Drahtgitter befestigt, das für Harn und Kot durchlässig war. Als Futterbehälter dienten die im Versuch 1 beschriebenen Gefäße, die am Drahtgitter festgemacht waren. Als Wassergefäße wurden in jedem Käfig je 1 kleine Glaskolben verwendet.

Vor der Fütterung der Tiere und der Reinigung der Käfige, die täglich erfolgten, mußte die Wasserstrahlpumpe abgestellt werden. Harn und Kot wurden aus dem Käfig entfernt und in eine dafür bereitgestellte 2-Liter-Flasche gebracht. Zur vollständigen Reinigung wurde der Käfig anschließend zweimal mit Salzsäure ausgespült, die mit dem Harn und dem Kot des jeweiligen Tieres vereinigt wurde. Das Spülwasser zur Entfernung der Salzsäure aus den Käfigen wurde verworfen.

Während der Reinigung des Käfigs befanden sich die Tiere in einem Glasbehälter, in dem die in dieser Zeit abgesetzten Harn- und Kotmengen aufgefangen wurden.

Die Wägung und Tötung der Tiere sowie die N-Bestimmung in den Tierkörpern erfolgte wie in Versuch 1 beschrieben. Am Ende des Versuches wurden zur Stickstoffbestimmung die mit Salzsäure verdünnten, gesammelten Exkremente zur Hydrolyse in einen 4-Liter-Rundkolben gebracht. Weitere Verarbeitung wie in Versuch 1, jedoch wurde hier zusätzlich der Stickstoff des Filtrerrückstandes bestimmt, der bei der Filtration der hydrolysierten Harn-Kotmasse entstand.

e) Ergebnisse

Die Resultate des 2. Versuches sind in Tabelle 11 wiedergegeben (S. 25).

Tabelle 11

2. Versuch

Versuchsdauer: 2 Wochen, 6 männliche Tiere,

N-Gehalt im Grundfutter: 2,74 %

Durchschnitts-N-Gehalt im Tier am Anfang des Versuches: 3,04 %

Angaben pro Tier

Tier Nr.	1	2	3	4	5	6
Futter	Grund- futter	Grundf. / 1%Präp. A	Grundf. / 1%Präp. B	Grundf. / 1%Präp. C	Grundf. / 1%Präp. D	Grundf. / 1%Peps.
Anfangsge- wicht, g	31,5	32,4	31,65	32,95	30,8	32,45
Gew. - Zunahme g	26,35	37,6	46,35	30,55	35,95	21,8
N-Zunahme, mg	724	1046	1264	946	987	666
N-Aufnahme mg	2816	3034	3675	3063	3223	2612
N-Ausscheidung in Exkrementen, mg	1400	1419	1792	1512	1601	1279
N-Filterrückstand ⁺⁾ mg	125	130	191	177	157	86
N-Ausscheidung als NH ₃ , mg	84	183	121	83	244	185
Gesamt-N-Ausschei- dung, mg	1609	1732	2104	1772	2002	1549
N-Bilanz, mg	1207	1302	1571	1291	1221	1063
N-Zun. nach Tier- analyse in % der N- Zunahme nach Bilanz	59,98	80,08	80,27	97,70	80,85	62,67

+) N-Rückstand im Filter nach Filtration der hydrolysierten Exkremente

Versuchskriterien:

1. Gewichtszunahme in g
2. N-Zunahme in mg
3. N-Aufnahme in mg
4. N-Ausscheidung in Exkrementen in mg)
5. N-Ausscheidung im Filterrückstand) Gesamt-N-Ausscheidung in mg
6. N-Ausscheidung als Gas (NH₃))
7. N-Bilanz = N-Aufnahme - Gesamt-N-Ausscheidung = "scheinbare N-Retention"
8. N-Zunahme nach Tieranalysen in % der N-Zunahme nach Bilanz, wenn diese gleich 100 ist.

Die abgestuften Zusätze des Fermentpräparates von 0,2 bis 1 % wurden deshalb gewählt, weil bei einer Steigerung darüber hinaus eventuelle Geschmacksveränderungen die Futteraufnahme hätten beeinflussen können, und dann auch schon Nährstoffwirkungen z.B. des Rohproteins vorliegen, die die Wirkstoffwirkungen der Fermente gegebenenfalls überdecken. Ein Vergleich der erzielten Ergebnisse in diesem Versuch mit den nach AHRENS (1. c.) in vitro ermittelten Fermentaktivitäten erfolgt in der Diskussion.

d) Versuchsdurchführung

Versuchsdurchführung, Tötung und Verarbeitung wie Versuch 1.

d) Ergebnisse

Die Ergebnisse dieses Versuches sind in Tabelle 12 dargestellt (S. 28).

Tabelle 13

Graphische Darstellung der Gewichtsmehrzunahmen der Fermentgruppen gegenüber der Kontrollgruppe (= 0)

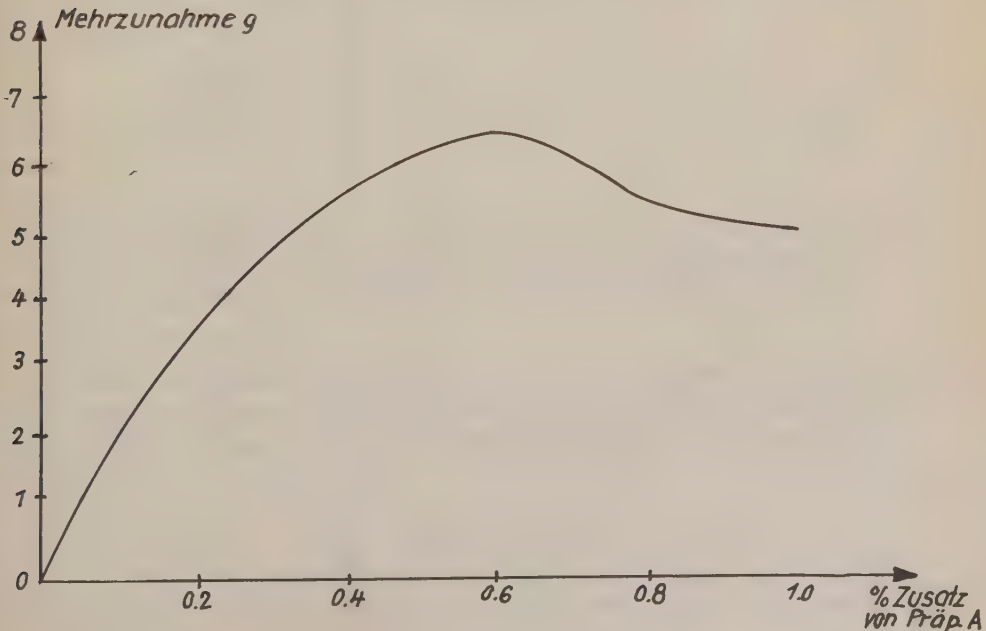


Tabelle 12

3. Fütterungsversuch

Versuchsdauer: 4 Wochen
N-Gehalt im Grundfutter: 2,76 %

60 männliche Albinoratten
Durchschnitts-N-Gehalt im Tier am
Anfang des Versuches: 3,04 %

Angaben pro Tier im Durchschnitt der Gruppe

Gr. Futter	Anfangsgew. g	Gew. Zunahme g	Futtermaterialverw. g	N-Zunahme g	N-Aufnahme g	N-Verwert. g	N-Futtermaterialverw. g
1 Grund futter	32,1	101,6	308,0	3,03	3,38	8,50	2,52
2 Grundf. / 0,2%Präp. A	31,6	105,8	315,5	2,98	3,45	8,71	2,53
3 Grundf. / 0,4%Präp. A	32,0	106,9	315,6	2,95	3,41	8,71	2,56
4 Grundf. / 0,6%Präp. A	32,8	108,8	320,2	2,94	3,40	8,84	2,60
5 Grundf. / 0,8%Präp. A	31,8	107,1	310,3	2,90	3,34	8,56	2,56
6 Grundf. / 1%Präp. A	32,1	107,0	317,2	2,96	3,46	8,76	2,53

Versuchskriterien wie Versuch 1

f) Auswertung des Versuches 3

In diesem 3. Versuch mit einem Fermentpräparat wurden die günstigen Ergebnisse des 1. Versuches nicht in gleichem Maße wiedergegeben.

Durch den Zusatz von 0,2 - 1,0 % Fermentpräparat A wurden die Gewichtszunahmen um 4,13 - 7,09 % erhöht. Die Erhöhung der Gewichtszunahme gegenüber der Kontrollgruppe um 7,09 % wurde bei der Gruppe 4 erreicht, bei der dem Grundfutter 0,6 % Fermentpräparat A zugesetzt wurde.

Die Verbesserung der Futterverwertung bei den Gruppen 2 - 6 gegenüber der Kontrollgruppe ist statistisch nicht gesichert. Das gilt auch für die N-Zunahme, die N-Verwertung und den N-Futterwert.

4. Versuch

a) Versuchsziel

Es wurde mit dem oben beschriebenen 3. Versuch zugleich geprüft, ob durch die abgestufte Fermentdosierung von Fermentpräparat A ein Einfluß auf die "scheinbare Verdaulichkeit" feststellbar ist.

b) Futterzusammensetzung

Futter wie im 3. Versuch.

c) Versuchsanlage

Versuchsanlage wie Versuch 3 mit der Ausnahme, daß die Zahl der Tiere pro Gruppe auf 5 beschränkt war. Es wurden am Anfang des 3. Versuches von jeder Zehnergruppe abgestuft nach Gewicht 5 Tiere ausgewählt (1., 3., 5., 7. und 9. Tier).

Auf Grund dieser Auswahl der Tiere aus dem Versuch 3 wurde erwartet, daß die Ergebnisse denen des Gesamtversuches 3 ähnlich seien und auch die zukommenden Versuchskriterien des Teilversuches (Versuch 4) entsprechende Ergebnisse haben würden.

d) Versuchsdurchführung

Es kam hier zur Versuchsdurchführung nach Versuch 3 die Bestimmung der "scheinbaren Verdaulichkeit". Dazu war die quantitative Erfassung des im Laufe des 4-wöchigen Versuches ausgeschiedenen Kotes der ausgewählten Tiere notwendig.

Zu diesem Zweck wurden unter die Käfige dieser Tiere auf die Torfschicht Filterpapier gelegt, und zwar von der Größe des darüber hängenden Käfigs, auf das der Kot fiel. Der Harn sickerte durch und wurde von dem Papier aufgenommen. Der Kot wurde jeden Tag gesammelt und in eine für jede Gruppe bereitgestellte Literflasche gebracht, die zur Verhütung des Austritts von Ammoniak konzentrierte Schwefelsäure enthielt. Am Ende des Versuches wurde der gesammelte Kot jeder Gruppe in einer Porzellanschale intensiv mit einem Mörser gemischt und darauf 5 Proben von verschiedenen Stellen zur N-Bestimmung abgewogen. Die Ergebnisse zeigten eine ziemlich genaue Übereinstimmung der verschiedenen entnommenen Proben.

Tötung und Verarbeitung wie in Versuch 3.

e) Ergebnisse

Die Ergebnisse des Versuches 4 sind in der Tabelle 14 dargestellt (Seite 31).

f) Auswertung des Versuches

Die Ergebnisse dieses Teilversuches entsprechen im wesentlichen den Resultaten des vorhergehenden Versuches. Geringe Abweichungen können auf eine ungünstige Auswahl der Tiere am Anfang des Versuches zurückgeführt werden.

Die "scheinbare N-Verdauung" ist mit Ausnahme der Gruppe 4 bei allen Fermentgruppen leicht erhöht. Der statistische Wert erscheint jedoch zweifelhaft.

Tabelle 14

4. Fütterungsversuch

Versuchsdauer: 4 Wochen

30 männliche Albinoratten

N-Gehalt im Grundfutter: 2,76 %

Durchschnitts-N-Gehalt im Tier am

Anfang des Versuches/ 3,04 %

Angaben pro Tier im Durchschnitt der Gruppe

Gr. Futter	g	g	g	g	g	g	g	g	g	N-Verdaul.
1 Grund-futter	32,6	107,8	308,2	3,478	8,506	2,44	2,102	75,3		
2 Grundf./0,2%Präp. A	32,2	105,0	311,4	3,354	8,595	2,55	1,913	77,9	21	
3 Grundf./0,4%Präp. A	32,4	103,2	302,2	3,307	8,341	2,52	1,870	77,6		
4 Grundf./0,6%Präp. A	33,0	109,2	319,8	3,454	8,826	2,55	2,179	75,3		
5 Grundf./0,8%Präp. A	32,4	102,8	300,4	3,188	8,291	2,60	1,911	77,0		
6 Grundf./1%Präp. A	32,2	104,6	317,0	3,352	8,769	2,62	2,079	76,3		

Versuchskriterien:

1. N-Ausscheidung im Kot

2. Scheinbare N-Verdaung =

$$\frac{\text{N-Aufnahme in g} - \text{N-Ausscheidung im Kot}}{\text{N-Aufnahme in g}}$$

x 100

5. Versuch

a) Versuchsziel

Das Ziel dieses Versuches an wachsenden Albinoratten war dem des 3. Versuches ähnlich. Es wurde hier untersucht, welche Fermentpräparatdosierung die günstigste Wirkung auf Gewichtszunahme, Futtermittelverwertung und "Protein Efficiency Ratio" (vgl. Fußnote Seite 33) hatte. Als Fermentpräparate wurden die Präparate B, C, D und Pepsin verwendet.

b) Futterzusammensetzung

Futter wie im 3. Versuch.

c) Versuchsanlage

Gruppe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ferment- präparat in %	-	B	B	B	C	C	C	Pep.	Pep.	Pep.	D	D	D
		0,2	0,6	1,0	0,2	0,6	1,0	0,2	0,6	1,0	0,2	0,6	1,0
Zahl der Tiere pro Gruppe	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

----- Grundfutter für alle Tiere konstant -----

Der Zusatz von 0,2, 0,6 und 1 % Fermentpräparat ist auf die Ergebnisse des vorhergehenden 3. Versuches begründet, in dem eine Abstufung von nur 0,2 % keine bedeutenden Unterschiede aufwies.

d) Versuchsdurchführung

Versuchsdurchführung und Tötung siehe Versuch 1. Die N-Bestimmungen der getöteten Tiere wurden bei diesem Versuch nicht durchgeführt, da nach den Ergebnissen der vorhergehenden Versuche die N-Zunahmen und die Gewichtszunahmen annähernd parallel liefen.

e) Ergebnisse

Die Ergebnisse dieses Versuches sind in der Tabelle 15 wiedergegeben (S. 33).

Tabelle 15

5. Fütterungsversuch

Versuchsdauer: 4 Wochen, 65 männliche Tiere

N-Gehalt im Grundfutter: 2,69 %

Durchschnitts-N-Gehalt im Tier am Anfang des Versuches: 3,04 %

Nr.	Futter	Anfangs- gew. g	Gew. Zun g	Fut. Aufn. g	Futter- verwertg.	N-Aufn. g	PER
1	Grund- futter	33,8	93,8	309,2	3,25	8,33	1,833
2	Grundf. / 0,2%Präp. B	35,4	97,7	315,0	3,22	8,49	1,842
3	Grundf. / 0,6%Präp. B	35,5	109,3	317,6	2,91	8,56	2,044
4	Grundf. / 1%Präp. B	38,1	98,6	304,8	3,09	8,21	1,922
5	Grundf. / 0,2%Präp. C	37,4	103,4	320,0	3,09	8,62	1,919
6	Grundf. / 0,6Präp. C	34,9	103,0	324,2	3,15	8,73	1,887
7	Grundf. / 1%Präp. C	35,2	97,8	301,4	3,08	8,12	1,927
8	Grundf. / 0,2%Peps.	32,7	97,9	303,6	3,10	8,18	1,915
9	Grundf. / 0,6%Peps.	35,0	87,0	274,8	3,16	7,40	1,881
10	Grundf. / 1%Peps.	36,1	97,3	324,0	3,33	8,73	1,784
11	Grundf. / 0,2%Präp. D	38,9	102,0	319,0	3,13	8,59	1,899
12	Grundf. / 0,6%Präp. D	36,0	102,7	318,8	3,10	8,59	1,914
13	Grundf. / 1%Präp. D	36,3	100,2	316,0	3,15	8,51	1,883
Versuchskriterien:		1. Gewichtszunahmen in g 2. Futterverw.					$\frac{\text{Futterraufn. in g}}{\text{Gewichtszun. in g}}$
3. PER (Protein Efficiency Ratio)=		$\frac{\text{Gewichtszunahme in g}}{\text{Proteinaufnahme in g}}$					

f) Auswertung des Versuches 5

Die Gewichtszunahmen aller Gruppen, denen Fermentpräparate beigefüttert wurden, mit Ausnahme einer Gruppe, die Pepsin erhielt, sind gegenüber der Kontrollgruppe geringgradig erhöht. In diesen Gruppen sind auch die Futterverwertung und die "Protein Efficiency Ratio" (mit Ausnahme einer Gruppe, die Pepsin erhielt) in geringem Maße gegenüber der Kontrollgruppe verbessert. Alle Unterschiede sind statistisch nicht gesichert. Bei den Fermentdosierungen schnitt in der Gewichtszunahme bei der B- und D-Gruppe der 0,6 %ige Zusatz am besten ab, während sich bei der Pepsin- und C-Gruppe der 0,2 %ige Zusatz als am vorteilhaftesten erwies.

Die geringsten Gewichtszunahmen wurden bei der B-Gruppe bei einem Zusatz von 0,2 %, bei den Gruppen C und D beim Zusatz von 1 %, bei der Pepsin-Gruppe bei einem Zusatz von 0,6 % gefunden.

In den Gruppen der Präparate B, Pepsin und D entsprachen die Futterverwertungszahlen denen der Gewichtszunahme, während in den 3 Gruppen des Präparates C die Gruppe mit der geringsten Gewichtszunahme (1 % Zusatz) die beste Futterverwertung aufwies (3,08). Die Werte des PER stimmten bei allen Gruppen mit denen der Futterverwertung überein.

Ein Vergleich dieser Ergebnisse mit den in vitro von AHRENS (l.c.) festgestellten Fermentaktivitäten erfolgt in der Diskussion.

6. Versuch

a) Versuchsziel

Im folgenden Versuch an 40 männlichen Albinoratten sollte die Ursache für die Differenzen geklärt werden, die fast bei allen Versuchs-kriterien zwischen dem 1. und den nachfolgenden Versuchen entstanden waren. Die Gewichtsmehrzunahmen sind z.B. im 1. Versuch um das 2 - 3fache höher als in den folgenden. Es wurde vermutet, daß die Verwendung von minderwertigen Sojaschrot dazu beitrug.

b) Futterzusammensetzung

Futterzusammensetzung siehe Versuch 1. Für die Gruppen 1 und 2 wurde ein deutsches handelsübliches Sojaschrot, das 45,48 % Rohprotein enthielt (Soja 1), für die Gruppen 3 und 4 ein amerikanisches, optimal dampf-erhitztes Sojaschrot, das 52,34 % Protein enthielt (Soja 2), verwendet.

Die Rohproteingehalte beider Rationen waren gleich. Beide Sojaschrote wurden vor der Zubereitung des Futters in einer Hammermühle zerkleinert.

c) Versuchsanlage

Gruppe	1	2	3	4
Fermentpräparat	-	0,6% A	-	0,6% A
Zahl der Tiere pro Gruppe	10	10	10	10
Grundfutter	mit Soja 1 andere Bestandteile konstant		mit Soja 2 andere Bestandteile konstant	

Als Fermentpräparat wurde das Präparat A in der Dosierung von 0,6 % gewählt, da dessen Einfluß auf die Ergebnisse im Versuch 3 sich am günstigsten auswirkten.

d) Versuchsdurchführung

Versuchsdurchführung usw. wie Versuch 1. Die Tiere in diesem Versuch wurden nach einem 2-tägigen Vorversuch ausgewählt.

e) Ergebnisse

Die Ergebnisse dieses Versuches sind in Tabelle 16 dargestellt (S. 36).

f) Auswertung des Versuches 6

Die Gewichtszunahmen bei den Kontroll- und Versuchsgruppen wiesen bei beiden Sojaschroten einen deutlichen Unterschied auf, der zwischen den Gruppen 3 und 4 höher war (7,4 %, amerikanisches, dampferhitztes Sojaschrot) als zwischen den Gruppen 1 und 2 (5,2 %, deutsches Sojaschrot). Die Differenzen sind statistisch nicht signifikant.

Deutlicher waren die Unterschiede in der Futterverwertung, die zwischen der 1. und 2. Gruppe 0,072, zwischen der 3. und 4. Gruppe 0,257 betrugen.

Eine Erhöhung der N-Verwertung wurde bei der Verwendung des deutschen Sojaschrotes durch den Fermentzusatz nicht erreicht. Der N-Futterwert war ebenfalls nicht verbessert. Dagegen konnten in den Gruppen mit dampferhitzten Sojaschrot bei diesen beiden Versuchskriterien durch den Fermentzusatz hohe Verbesserungen erreicht werden.

Tabelle 16

6. Fütterungsversuch

Versuchsdauer: 4 Wochen
 N-Gehalt im Grundfutter für 40 männliche Albinoratten
 Gruppe 1 und 2: 2,65 % für Durchschnitts-N-Gehalt im Tier am Anfang
 Gruppe 3 und 4: 2,78 % des Versuches: 3,04 %

Angaben pro Tier im Durchschnitt der Gruppe

Gr. Futter	Anfangsgew. g	Gew. Zunah. g	Futterraufn. g	Futterverw. g	N-Zunahme g	N-Aufnahme g	N-Verwert. g	N-Futterw.
1 Grundf. m. Soja 1 0,6%Präp. A	38,75	88,85	316,9	3,567	2,770	8,407	3,035	100,78
2 Grundf. m. Soja 1	35,25	84,25	306,6	3,639	2,712	8,200	3,028	100,0
3 Grundf. m. Soja 2 0,6%Präp. A	36,55	103,75	329,1	3,172	3,163	9,139	2,429	118,35
4 Grundf. m. Soja 2	36,85	96,15	329,7	3,429	2,929	9,156	3,126	100,0

Versuchskriterien wie Versuch 1

Zwischen den beiden Gruppen, denen die verschiedenartigen Sojaschrote verabreicht wurden (Gruppe 2 und 4, ohne Fermentzusatz), betrugen die Unterschiede in den Gewichtszunahmen 12,4 %.

Auf Grund dieser Ergebnisse kann angenommen werden, daß die Differenzen in den Gewichtszunahmen zwischen den Versuchen 1 und 3 auf unterschiedliche Sojaqualitäten zurückzuführen sind. Auch bei diesen früheren Versuchen zeigte sich, daß bei geringeren absoluten Zunahmen (schlechtere Sojaqualität?) die Fermentwirkung kleiner war als bei höheren Gewichtszunahmen.

7. Versuch

a) Versuchsziel

Es sollte geprüft werden, ob die Versuchsbedingungen bei Verwendung eines schwer verdaulichen Eiweißes in der Ration durch den Zusatz eines Fermentpräparates günstig beeinflußt werden.

b) Futterzusammensetzung

In diesem 3-wöchigen Versuch mit 10 männlichen Albinoratten wurde unter Verwendung einer Ration wie im Versuch 6 die Wirkung des Fermentpräparates B geprüft, wobei jedoch zwei Drittel des Rohproteins des Sojaschrotes durch Kollagen ersetzt wurden.

c) Versuchsanlage

Gruppe	1	2
Fermentpräparat	1 % Präp. B	--
Zahl der Tiere pro Gruppe	5	5
Grundfutter	für beide Gruppen konstant	

Die 1 %ige Dosierung des Fermentpräparates B wurde auf Grund der positiven Ergebnisse des Versuches 1 gewählt. Die Ratten wurden nach einer 10-tägigen Versuchsperiode sorgfältig ausgewählt und eingeteilt.

d) Versuchsdurchführung

Versuchsdurchführung, Tötung und Verarbeitung siehe Versuch 1.
Zur N-Bestimmung wurden alle Tiere des Versuches herangezogen.

e) Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in Tabelle 17 dargestellt.

Tabelle 17

7. Fütterungsversuch

Versuchsdauer: 3 Wochen 10 männliche Albinoratten

N-Gehalt im Grundfutter: 2,77 %

Durchschnitts-N-Gehalt im Tier am Anfang des Versuches: 3,04 %

Angaben pro Tier im Durchschnitt der Gruppe

Gruppe Futter	1 Grundfutter 1 % Präp. B	2 Grundfutter
Anfangsgewicht, g	32,5	33,3
Gewichtszunahme, g	83,6	76,5
Futteraufnahme, g	235,6	230,3
Futterverwertung	2,81	3,01
N-Zunahme, g	2,49	2,25
N-Aufnahme, g	6,52	6,39
N-Verwertung	2,62	2,84
N-Futterwert	109,8	100,0

f) Auswertung des Versuches 7

In diesem Fütterungsversuch, in dem ein Teil des hochwertigen Sojaschrottes durch das Kollagen ersetzt wurde, konnte in der Versuchsgruppe mit 1 % Fermentpräparat B eine deutliche Gewichtsmehrzunahme von 9,16 % gegenüber der Kollagengruppe ohne Fermentzusatz erzielt werden. Auch in der Futterverwertung (Versuchsgruppe: 2,18, Kontrollgruppe: 3,01), der N-Verwertung (2,62 bzw. 2,84) und im N-Futterwert (109,8 bzw. 100,0) ist die günstige Wirkung des Fermentpräparates B auf ein Futter mit schwer verdaulichem, geringwertigem Rohprotein ersichtlich.

C. DISKUSSION

- 1) Im Versuch 1 wurden an Ratten die Feststellungen von FRIES und Mitarbeitern (11) bestätigt, die bei ihren Kälbersversuchen durch den Zusatz von Pepsin zum Grundfutter keine Gewichtsmehrzunahmen bzw. sogar negative Ergebnisse erzielten. Die Ursache hierfür kann in der geschmacklichen Veränderung des Futters durch das Pepsin liegen. Wichtiger jedoch ist wahrscheinlich die Tatsache einzuschätzen, daß dem Pepsin im Organismus nur die Aufgabe der Aufspaltung der Proteinkörper in Peptone zukommt (20). Durch einen Zusatz im Futter kann diese Wirkung allerdings erhöht werden. Sie ist jedoch für die Aufspaltung in resorbierbare Bestandteile, Aminosäuren oder Aminosäureketten, von geringem Nutzen.

Im Gegensatz dazu stehen Untersuchungen von CATRON und Mitarbeitern (26), die in ihren Arbeiten Ferkel als Versuchstiere verwendeten. Die Mehrzunahmen und die Verbesserung der Futterverwertung bei Ferkeln durch Zusatz von Pepsin zum Grundfutter waren beträchtlich.

Die positiven Versuchsergebnisse, die in den eigenen Versuchen mit den anderen Fermentpräparaten erzielt wurden, müssen wohl darauf zurückgeführt werden, daß sie aus Kombinationen einzelner Verdauungsfermente bestehen, wie z.B. das Präparat A nach der Untersuchung von BALSER und WERNER (24) Lipase, Diastase und Trypsin in hoher Dosierung enthält.

Stellt man die Ergebnisse des 1. Versuches den Angaben von AHRENS (l.c.) gegenüber, so ergibt sich folgendes Bild:

Fermentpräparat 1 %				A	B	C	D	Peps.
Gewichtszunahme g				78,9	36,9	31,5	73,4	56,6
g Futteraufn. / g Gewichtszun.				3,84	3,99	4,18	3,98	4,84
+	Proteolyt.	Akt., sauer	K	0,0	21,8	22,7	10,5	81,9
	"	" "	M	34,2	59,1	11,5	20,4	73,8
	"	" sauer-alk.	K	12,6	21,1	54,5	52,7	85,7
	"	" "	M	86,0	93,2	99,1	92,7	78,2
	"	" alk.	K	78,7	43,9	50,2	62,7	4,2
	"	" "	M	88,2	86,61	86,5	89,0	0,0
++	Lipat.	Akt. sauer		3,3	5,1	3,8	1,1	-
	"	" alk.		19,2	14,8	11,5	14,6	-
+++	Amylolyt.	Akt. sauer		0,43	0,54	1,40	0,84	-
	"	" sauer-alk.		1,15	0,86	2,05	1,40	-
	"	" alk.		0,0	0,0	0,04	0,0	-
(+)	Cellulat.	Akt. sauer		7,1	11,4	8,5	2,1	-
	"	" sauer-alk.		6,8	13,4	5,6	0,0	-
	"	" alk.		1,7	4,4	-	-	-

+ Angaben in % der bei gleicher Behandlung ohne Fermentzusatz ungelösten N-Menge

++ Angaben in % der insgesamt vorhandenen ungespaltenen Fettsäuren in Olivenöl

+++ Angaben in % der bei gleicher Behandlung ohne Fermentzusatz nicht abgespaltenen Glukosemenge (Haferschrot)

(+) Angaben in % der bei gleicher Behandlung ohne Fermentzusatz nicht gelösten Rohfasermenge

K Kälbernährmehl

M Magermilchpulver

Eine klare Abhängigkeit zwischen den festgestellten Gewichtszunahmen und der Futterverwertung einerseits sowie den in vitro ermittelten Fermentaktivitäten andererseits kann nicht festgestellt werden. Es scheint jedoch die Tendenz zu bestehen, daß eine hohe proteolytische Aktivität im alkalischen Bereich in etwa mit höheren Gewichtszunahmen parallel geht. So steht z.B. die geringe bzw. nicht vorhandene proteolytische Aktivität des Pepsins im alkalischen Bereich in Übereinstimmung mit wesentlich geringeren Gewichtszunahmen der mit Pepsin versorgten Tiere.

- 2) Die Resultate der N-Bilanz-Versuche zeigten annähernd das gleiche Bild wie in Versuch 1, doch traten hier die Unterschiede zwischen Kontrollgruppe und Versuchsgruppen nicht so deutlich hervor.

Die Gewichts- und N-Zunahmen bei der Verfütterung von Pepsin an Ratten bestätigten die Angaben von FRIES und Mitarbeitern (11), in deren Untersuchungen an Holsteinkälbern der Zusatz von Pepsin ebenfalls keine erhöhte Gewichtszunahmen und keine verbesserte Futterverwertung zur Folge hatte.

Die Ergebnisse des Versuches 2 bestätigen nicht die von HEPPA (20) erzielten Resultate. Der Autor stellt in seinen Untersuchungen fest, daß die durch N-Bilanz errechnete N-Retentionsmenge, bei einer Fehlergrenze von ca. 2 %, der durch Körper-N-Analyse ermittelten N-Retention gleichwertig gegenübergestellt werden kann. Es wurden in den eigenen Versuchen vielmehr die Ergebnisse von NEHRING (25) u.a. bestätigt, die bei Körper-N-Analyse nur einen Teil der nach der Bilanzmethode ermittelten Körper-N-Retention wiederfanden. In den Versuchen dieser Autoren wurden Fehlbeträge von 15 % bis 33 % festgestellt. In dem hier vorliegenden Versuch erstreckten sich die Differenzen bis zu 40 %.

- 3) Aus den Resultaten des Versuches 3 kann ersehen werden, daß bei einer Steigerung der Fermentzusatzmenge des Fermentpräparates A ein gleichmäßiger Anstieg der Mehrzunahme von 0 % bis zu 0,6 % Präparatzusatz erfolgte. Bei der nächst höheren Dosierung (0,8 %) war die Mehrzunahme nicht mehr so hoch. In der Literatur wurden keine Untersuchungen gefunden, in denen die Fermentdosierung von 1 % überschritten wurde. Der Grund dafür ist möglicherweise die Unwirtschaftlichkeit höherer Zusätze sowie Geschmacksveränderungen.

- 4) Im Versuch 4, dessen Ergebnisse bei gleicher Versuchsanstellung geringgradig von denen des Versuches 3 abwichen, wurde die "scheinbare N-Verdauung" als Versuchskriterium herangezogen. Die Ergebnisse zeigten mit einer Ausnahme höhere Werte bei den 5 Versuchsgruppen mit Fermentzusatz gegenüber der Kontrollgruppe. Eine Parallele zu den Veränderungen der Gewichtszunahmen und Futterverwertung ist nur zum Teil gegeben.
- 5) Betrachtet man die Ergebnisse des Versuches 5 (unter Einbeziehung der Ergebnisse des Versuches 3) und vergleicht sie mit den in vitro von AHRENS (1. c.) ermittelten Fermentaktivitäten, so kann festgestellt werden, daß
- a) keine statistisch sicherbaren Unterschiede in den Versuchskriterien zwischen den Fermentpräparaten und den verschiedenen Konzentrationen gefunden wurden,
 - b) die Ergebnisse bei geringeren Fermentpräparatkonzentrationen (0,6 % und 0,2 %) geringgradig besser zu liegen scheinen als bei 1 %,
 - c) die Resultate durch alle Fermentpräparatzusätze (mit Ausnahme einiger Ergebnisse der mit Pepsin versorgten Gruppen) gegenüber der Kontrollgruppe etwas verbessert wurden und
 - d) wie beim Versuch 1 die Tendenz zu bestehen scheint, daß eine in vitro festgestellte geringe bzw. nicht vorhandene proteolytische Aktivität im alkalischen Bereich (Pepsin) geringe Gewichtszunahmen bzw. schlechtere Futterverwertung bewirkt als eine höhere.
- 6) Beim Vergleich der Ergebnisse aller Versuche fallen die hohen Unterschiede der Gewichtszunahmen (bzw. der N-Zunahme) des Versuches 1 gegenüber den anderen Versuchen mit der gleichen Versuchsdauer deutlich auf. Die Unterschiede beruhen wahrscheinlich darauf, daß bei den folgenden Versuchen bei der Zusammenstellung des Grundfutters ein anderes Sojaschrot verwendet wurde. Um diese Frage zu klären, wurden im Versuch 6 zwei Sojaschrote unterschiedlicher Qualität verwendet.

Die Ergebnisse zeigten, daß die Gewichtszunahmen der mit Soja 2, einem Sojaschrot von besserer Qualität, gefütterten Gruppen 12 % mehr betrugen als bei Soja 1. (Differenz der beiden Gruppen ohne Fermentzusatz). Bei den beiden Gruppen mit Fermentpräparaten übertraf die Soja-2-Gruppe die Soja-1-Gruppe um 14 %.

- 7) Auf Grund der Ergebnisse des Versuches 7 wurde festgestellt, daß die Ausnutzung peroral verabreichter, schwer verdaulicher und geringwertiger Rohproteine (Kollagen) bei Ratten durch den Zusatz von Fermenten verbessert werden kann.

Ein Überblick über die Versuchsergebnisse an wachsenden Ratten zeigt, daß unter Verwendung verschiedener Kostformen durch Fermentzusätze eine geringgradige, statistisch nicht signifikante Verbesserung der Gewichtszunahmen und der Futterverwertung erzielt werden konnte. Auch andere Versuchskriterien wurden durch die Zugabe verschiedener Fermentpräparate positiv verändert. Eine Prüfung der in den Versuchen verwendeten Fermentkombinationen (oder auch anderer) bei landwirtschaftlichen Nutztieren erscheint wünschenswert. Von verschiedenen Autoren wurden derartige Versuche an Kälbern und Ferkeln (z.B. 25) bereits durchgeführt. Die Ergebnisse sind zum Teil widersprechend.

Neben dem Einsatz von Fermenten bei der Aufzucht und Mast könnte auch eine Verwendung von Fermentpräparaten in der Fütterung erwachsener Tiere erwogen werden. Das trifft vor allem bei Verwendung minderwertiger oder schwer verdaulicher Futterstoffe wie Kollagen oder Federmehl zu.

D. ZUSAMMENFASSUNG

Als Einleitung dieser Arbeit wurden kurz allgemeine Gesichtspunkte über die Verwendung von Wirkstoffen in der Tierernährung beschrieben. Es wurde besonders auf die Möglichkeit einer Verbesserung und Verbilligung von Ersatzfutterstoffen in der Aufzucht von Kälbern und Ferkeln hingewiesen. In der Literaturübersicht wurde über Fütterungsversuche an amerikanischen Instituten mit Kälbern durch Zusatz von Fermentpräparaten im Aufzuchtfutter berichtet.

Einige ähnliche Versuche mit Rindern und Laboratoriumstieren wurden geschildert.

Die eigenen Untersuchungen sind auf Versuche an wachsenden Albinoratten beschränkt. Zusammenfassend können auf Grund der erzielten Ergebnisse folgende Aussagen gemacht werden:

1. In einem ersten Orientierungsversuch zeigte der Zusatz von verschiedenen Fermentpräparaten in der Dosierung von 1 % zu einem Grundfutter eine verbessernde Wirkung auf die Gewichtszunahmen, die Futterverwertung, die N-Zunahmen, die N-Verwertung und den N-Futterwert. Die Unterschiede gegenüber der Kontrollgruppe sind jedoch nicht signifikant. Eine Ausnahme macht Pepsin, das einen negativen Einfluß auf die Versuchskriterien hatte.

Ein Vergleich der Ergebnisse mit denen von AHRENS (l.c.) in vitro ermittelten Aktivitäten der Fermentpräparate zeigte die Tendenz, daß mit hoher proteolytischer Aktivität im alkalischen Bereich (pH 8,0) erhöhte Gewichtszunahmen und verbesserte Futterverwertung einhergehen.

2. In einem 14-tägigen Versuch in Bilanzkäfigen an 6 Einzeltieren liefen die Ergebnisse denen des Versuches 1 annähernd parallel. Den durch die Fermentpräparatzusätze bewirkten erhöhten Gewichtszunahmen entsprachen erhöhte N-Retentionen.

Außerdem wurde festgestellt, daß entgegen den Untersuchungen von HEPPA (20) die N-Retention, die durch Körperanalyse ermittelt wurde, nicht der N-Retentionsmenge entsprach, die durch die N-Bilanz errechnet wurde.

3. Eine nähere Prüfung evtl. vorhandener Korrelationen zwischen untersuchter in-vitro-Fermentaktivität und den in der vorliegenden Arbeit geprüften Versuchs-kriterien mit Hilfe unterschiedlicher Fermentpräparat-dosierungen in den Rationen wachsender Ratten ergab keine signifikante Resultate. Die Fermentpräparate A, B und D hatten die beste Wirkung bei 0,6 %, das Fermentpräparat C bei 0,2 %.
4. Der Wirkung des Zusatzes von Fermentpräparaten auf die "scheinbare Verdaulichkeit", die in einem Versuch geprüft wurde, konnte keine statistisch gesicherte Bedeutung zugemessen werden. Es war jedoch durchweg eine leichte Erhöhung der "scheinbaren Verdaulichkeit" der Gruppen mit Fermentpräparatzusatz (mit Ausnahme des 0,6 %igen Zusatzes von Präparat A) feststellbar.
5. Der Zusatz eines Fermentpräparates (Fermentpräparat A, 0,6 %) auf die Versuchs-kriterien bei zwei Tiergruppen (s. Versuch 6!), deren Grundfutter zwei Sojaschrote von verschiedener Qualität zugesetzt wurde, hatte eine günstigere Wirkung bei der Gruppe, an die Soja von besserer Qualität (dampferhitztes Soja) verabreicht wurde.
6. Durch den Zusatz eines Fermentpräparates (Fermentpräparat B, 1 %) auf ein Futter, dessen Protein zum großen Teil aus Kollagen bestand, war hinsichtlich aller Versuchs-kriterien die Verwertbarkeit für das Tier deutlich verbessert worden.

E. LITERATURVERZEICHNIS

1. BRÜGGEMANN, Johs. Der heutige Stand der Wirkstoffanwendung
und H. ZUCKER in der Tierernährung
Vet. Med. Nachr. Heft 1, 3 (1960)

2. BRÜGGEMANN, Johs., Zur Problematik des Einsatzes von Sexual-
H. KARG u. K. BARTH hormonien in der Nutztiermast
Kraftfutter, H. 4, 113 (1958)
 H. 5, 140 (1958)
 H. 6, 172 (1958)

3. MENDEZ RAINETEAU, P. Diss., München 1959

4. DOLLAR, A.M. and Utilization of Carbohydrates by the
I.W.G. PORTER Young Calf
Nature 179, 1299 (1957)

5. VELU, I.G., K.A.KANDALL, Utilization of Various Sugars by the
and K.E. GARDNER Young Dairy Calf
J. Dairy Sci. 43, 546 (1960)

6. BRÜGGEMANN, Johs. und Experimentelle Untersuchungen am jungen
K. BARTH Kalb. 1. Mitt.
Ztschr. f. Tierphys., Tierern. und Futter-
mittelkde. 14, 284 (1959)

7. HUBER, I., P.A.HARTMANN, Digestive Enzyme Acitivity in the
N.L. JACOBSON, and Young Calf.
R.S. ALLEN J. Dairy Sci. 41, 743 (1958)

8. WILLIAM, I.B., and The Supplementation of Milk-Replacement
C.B. KNOTT with Enzymes and other Products
J. Anim. Sci. 10, 975 (1951)

9. LASSITER, C.A., Effect of Pepsin on the Growth and Health
C.F.FRIES, C.F.HUFFMAN, of Young Dairy Calves Fed various Milk
and C.W.DUNCAN Replacer Rations
J. Dairy Sci. 42, 666 (1959)

10. NOLLER, C.H., C.M. WARD, A.D. McGilliard, C.F. HUFFMAN, and C.W. DUNCAN The Effect of Age of Calves on the Availability of Nutrients in Vegetable Milk Replacer Rations
J. Dairy Sci. 39, 1288 (1956)
11. FRIES, C.F., C.A. LASSITER, and C.F. HUFFMAN Effect of Enzyme Supplementation of Milk Replacer on the Growth of Calves
J. Dairy Sci. 41, 1081 (1958)
12. RATCLIFF, L., N.L. JACOBSON, and D.V. CATRON Response of Calves to the Feeding of Animal Diastase and Pepsin
J. Anim. Sci. 15, 1243 (1956)
13. BOWDEN, D.W. and D.C. CHURCH Effect of several Enzyme Concentrates on Cellulose Digestion in the Artificial Rumen
J. Anim. Sci. 18, 1523 (1959)
14. BURROUGHS, W., W. WOODS, S.A. EWING, I. GREIG, and B.B. THEURER Supplementary Enzymes and Live-weight Gain Stimulation on Beef Cattle
J. Anim. Sci. 18, 1524 (1959)
15. THEURER, B.B., I. GREIG, W. WOODS, and W. BURROUGHS Supplements and Ration Digestibility in Steers and Lambs
J. Anim. Sci. 18, 1524 (1959)
16. CLASSEN, L.J., N.I. SCHMIDT, F.D. WHARTON, and I.C. FRITZ Effect of Adding Bacterial Amylase to Mammalian Diets
J. Anim. Sci. 18, 1524 (1959)
17. AHRENS, W. Diss., München 1960
18. HANSEL, G. Diss., München 1960
19. MÜLLER, R. und D. HÖTZEL Arch. f. Tierernährung 7, 66 (1957)
20. HEPPA, J. Diss., München 1959

21. STOTZ, H. Beih. z. Arch. f. Tierernährung
4, 38 (1954)
22. DREPPER, K. Naturwissenschaften 43, 203 (1956)
23. BRÜGGEMANN, Johs., Lehrbuch der Veterinärphysiologie
V. HORN, H. SCHEUNERT, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
A. HILL 1957, 4. Auflage
24. BALSER, E., K. WERNER Untersuchungen über die Eignung von
Fermentpräparaten für die Substitution
von Pankreasfermenten
Med. Klinik 48, 1036 (1953)
25. NEHRING, K. Biochem. Z. 328, 549 (1957)
26. CATRON, D. V., R. O. Enzymes in Baby Pig Nutrition
BAKER, and Proc. of the Ninth Research
P. A. HARTMANN Conference sponsored by the
Council on Research, America
Meat Institute, at the Univer-
sity at Chicago, March, 1957

Herrn Professor Dr. Dr. Johannes Brüggemann möchte ich für die Überlassung des Themas und für die günstigen Arbeitsbedingungen im Institut herzlichen Dank sagen.

Für die jederzeit gewährte und hilfreiche Unterstützung und Anleitung in den Laboratoriumsarbeiten möchte ich besonders Herrn Dr. Dr. Drepper danken.

F. LEBENSLAUF

Am 28. August 1936 wurde ich als erstes Kind des Pfarrers Hans Neubert und seiner Ehefrau Frieda Neubert geb. Hartmann in Hammelburg geboren. Dort verbrachte ich auch die ersten drei Lebensjahre.

Nach dem Umzug 1939 nach Polsingen in Mittelfranken starb mein Vater 1942 an den Folgen einer Mandeloperation. In Polsingen besuchte ich ab 1942 die Volksschule.

Von Mainstockheim aus, wohin wir 1946 gezogen waren, besuchte ich die Oberrealschule mit Gymnasium in Kitzingen. Diese Schule verließ ich im Sommer 1956 mit dem Reifezeugnis.

Im November 1956 begann mein Studium an der Tierärztlichen Fakultät der Universität München.

